شركة الإشراق للتدريب والاستشارات
الشركة السعودية اليمنية المشتركة للتدريب

إستكشاف المياه الجوفية وحفر الآبار
إعداد وتنفيذ
د. الخطيب الكبسي
د. أحمد سفيان
تصميم وإخراج/ عبد الله العلماني
الجهة المستفيدة
الهيئة العامة لمشاريع مياه الريف

المياه الجوفية والطبقات الحاملة للمياه
حركة المياه الجوفية
الضخ التجريبي (الاختياري)
تصميم وتطوير الأبار

1
المياه الجوفية والطبقات
الحاملة للمياه

1-1 تعريف المياه الجوفية

المياه الجوفية هي المياه تحت السطحية والموجودة تحت سطح الأرض في تكوينات أرضية مختلفة، والذي يمكن جمعها واستخراجها بوسائل مختلفة مثل الآبار أو الخنادق أو الذي يخرج ذاتياً إلى سطح الأرض عن طريق الينابيع (العيون) أو خلال التسرب أو الرشح إلى سطح الأرض، والمياه الجوفية كانت وما زالت تعتبر مصدراً هاماً للمياه خلال العصور.

1-2صور وجود المياه تحت السطحية
(Occurrence Of Subsurface Water

يبين شكل (1) صور وجود المياه تحت السطحية في الطبقة العليا للقشرة الأرضية. من ناحية وجود الماء تحت السطحية يمكن تقسيم تلك الطبقة العليا إلى منطقتين:

1- منطقة عدم التشبع (Zone Of aeration)

تتميز هذه المنطقة بأن الفراغات الموجودة بها تكون مملوءة جزئياً بالهواء وجزئياً بالماء.

وكما هو مبين بشكل (1) تنقسم منطقة عدم التشبع إلى ثلاثة مناطق:

أ- المنطقة العليا- مياه تربة (Soil Water)

ب- المنطقة السفلى- الخاصية الشعرية Capillary water).

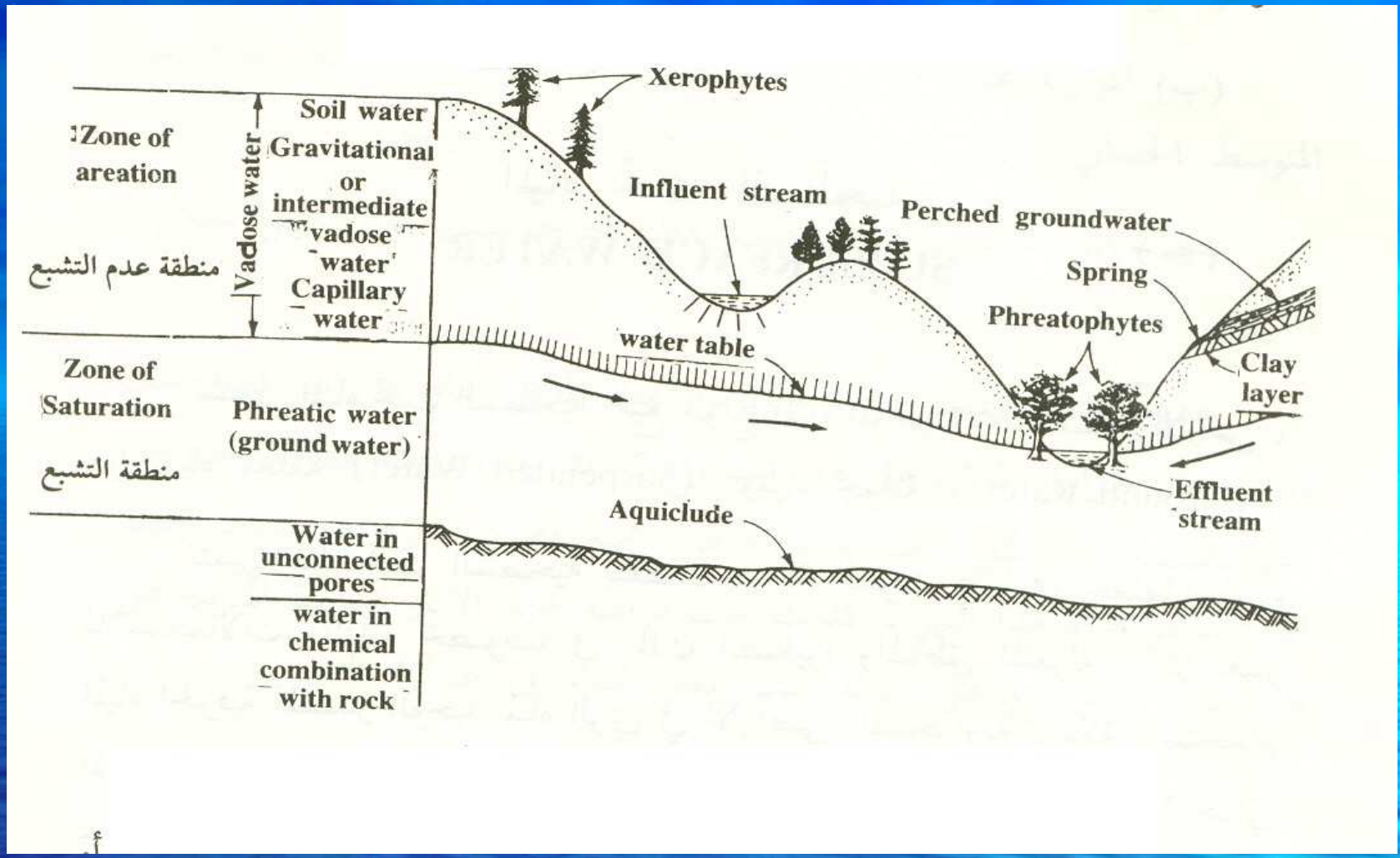
ج- المنطقة الوسطى- وهي المنطقة المحصورة بين المنطقتين السابقتين،

1-2صور وجود المياه تحت السطحية
(Occurrence Of Subsurface Water

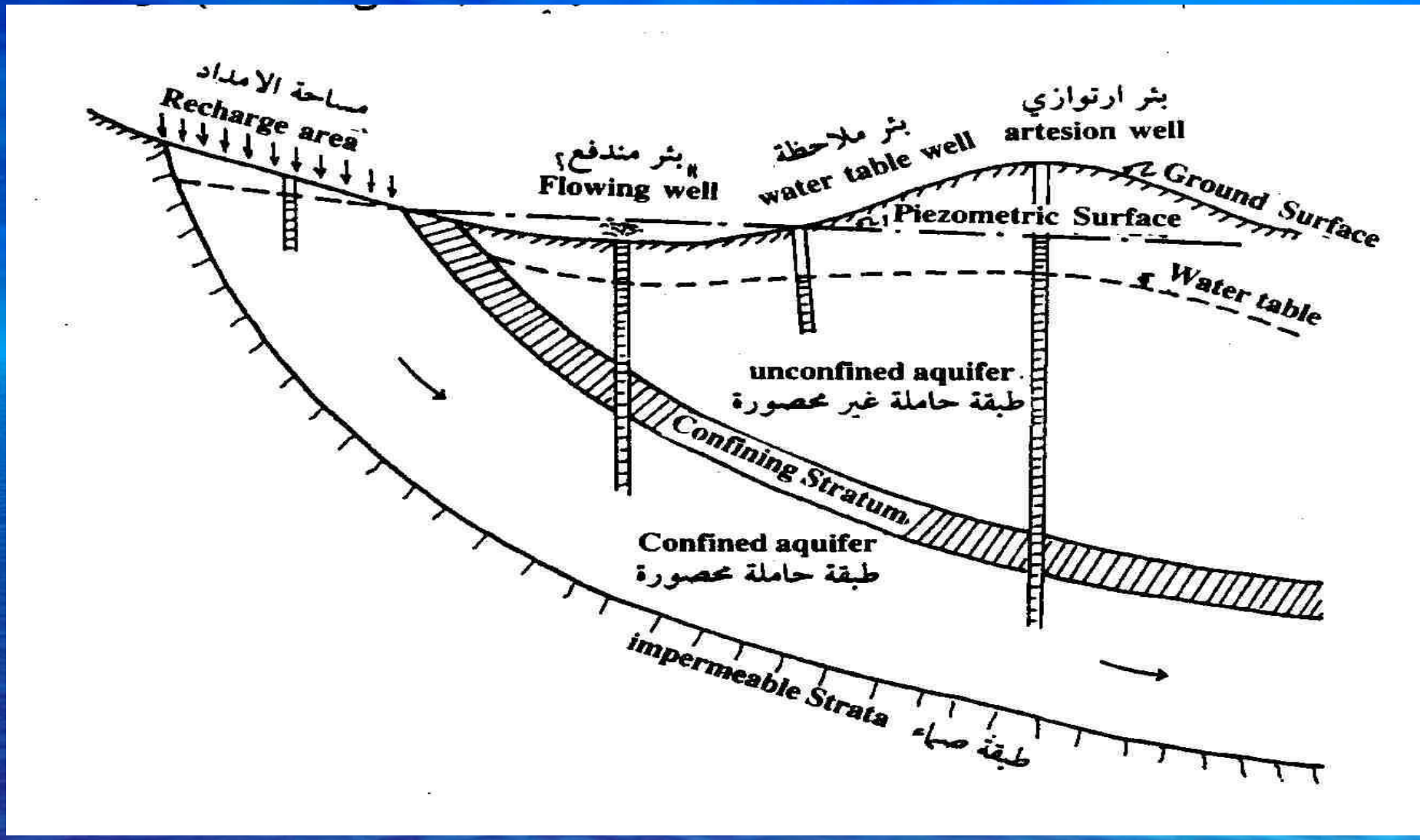
2-منطقة التشبع (Zone of Saturation)

تتميز هذه المنطقة بأن كل الفراغات الموجودة بها تكون مملوءة كلياً بالماء و تسمى المياه الموجودة في هذه المنطقة بالمياه الجوفية (Groundwater). تقع منطقة عدم التشبع فوق سطح المياه الجوفية وتمتد لأعلى حتى سطح التربة.

شكل (1) صور وجود المايه تحت السطحية



شكل (2) الطبقات الحاملة للمياه



2

حركة المياه الجوفية

MOVEMENT OF GROUNDWATER

تجربة دارسي وتطبيقاتها العملية
Darcy's Low

تكون المياه الجوفية في حركة دائمة في الظروف الطبيعية لتواجدها، حيث تتدفق المياه خلال الطبقات والخزانات الجوفية ، وذلك بفضل الفراغات والمسامات الموجودة في الطبقات وهذا ما يعرف بقانون دارسي, معادلة دارسي تكتب بالشكل التالي:

$$\frac{Q}{A} = -K\frac{dh}{dL} = V$$

V - سرعة دارسي أو التغذية الحقلية، k- التوصيلية المائية

$-\frac{dh}{dL}$ الميل الهيدروليكي.

التوصيلية المائية
Hydraulic conductivity

- ويمكن تعريف التوصيلية المائية بأنها كمية المياه (بالمتر في يوم) لمقطع مسامي من الخزان الجوفي مساحته واحد متر مربع عندما يكون الميل الهيدروليكي يساوي واحد وحرارة المياه تساوي20Cº.و هي تلك الصفة الصخرية التي تسمح بمرور السوائل والغازات من خلالها عند هبوط الضغط و تعتمد بدرجة رئيسية على حجم وصفات الفراغات والشقوق في الوسط الصخري، في الجدول رقم (1) التوصيلية المائية لبعض أنواع من الصخور.

جدول (1) التوصيلية المائية لبعض أنواع من الصخور

نوع الصخور	التوصيلية المائية م/يوم
حصى كبيرة الحجم	150
حصى متوسطة	270
حصى صغيرة	450
رمل ناعم	5-1
رمل متوسط	15-5
رمل خشن	50-15
رمل مع حصى	200-100
حصى	1.01
بازلت	1.4
صخور جرانيتية	0.94
حجر جيري	0.94
حجر رملي ناعم	0.2
حجر رملي متوسط	3.1
طين	0.01-0.001
رمل طيني	0.5-1

المسامية
Porosity

تعرف مسامية تربة ما بأنها النسبة المئوية بين حجم الفراغات الموجودة بها إلى الحجم الكلي للتربة (V), ويرمز بالرمز (α).

أي أن: $\alpha = (V_v / V) \times 100$ حجم الفراغات

تتميز جميع أنواع التكوينات الجيولوجية بوجود فراغات بين حبيباتها، هذه الفراغات هي التي يوجد بها المياه تحت أرضية ويمكنها أن تتحرك خلالها.

جدول (2) يوضح القيم التقريبية المتوسطة للمسامية وذلك لأنواع مختلفة من التربة

جدول (2) يوضح القيم التقريبية المتوسطة للمسامية وذلك لأنواع مختلفة من التربة الرسوبية

المسامية (Porosity)%	مادة التربة (Material)
45-55	1-طينية clay
40-50	2- طمية Silt
35-40	3- خليط من الرمال Medium to Coarse الخشنة إلى المتوسطة mixed sand
30-40	4- رمال منتظمة Uniform Sand
30-35	5- خليط من الرمال Fine to medium الناعمة إلى المتوسطة mixed Sand
30-40	6- زلطية Gravel
20-35	7- خليط من الرمال والزلط Gravel and Sand
10-20	8- حجر رملي Limestone
1-10	9- صدفية Shale Limestone

الانتقالية
Transmissivity

معامل الانتقالية هو معدل المياه التي تنتقل خلال وحدة مسامية من الخزان الجوفي تحت تأثير وحدة الميل الهيدروليكي.

ويمكن إيجاد معامل الانتقالية من خلال المعادلة التالية:

$$T = Kh$$

حيث:

T معامل الانتقالية (m2/day)، K- معامل الموصلية المائية (m/day)، h- الجزء المعمور بالمياه في الخزان الجوفي (m).

النفاذية
Permeability

هي تلك الصفة الصخرية للوسط المسامي الذي يسمح بمرور المياه أو النفط أو الغازات من خلال المسامات عند هبوط الضغط داخلها ولا يعتمد على خواص السوائل المتغلغلة (النافذة) وفي نفس الوقت يساعد على تصور حجم وخواص الفراغ المسامي بالوسط الصخري. ولتحاشي الخلط بين الموصلية المائية (Hydraulic Conductivity) والنفاذية (Permeability) سنستخدم المعادلة الآتية لتحديد النفاذية:

$$K = K_n \frac{\gamma}{\mu}$$

حيث K- الموصلية المائية

Kn معامل النفاذية

γ - الكثافة الحجمية للمياه = ، حيث μ الوزن النوعي للمادة.

التصريف النوعي
Specific Yield

التصريف النوعي هو عندما تتصرف المياه تصريفاً حراً أو تسحب بواسطة طلمبة من طبقة حاملة وتحسب ابالمعادلة التالية:

$$S_r = \frac{V_r}{V} \times 100$$

فإن جزءاً من هذه المياه يتبقى في المسام بتأثير قوي التجاذب بين المياه والحبيبات وقوى التوتر السطحي ويعرف ب (Sr specific retention

$$S_r = \frac{V_r}{V} \times 100$$

حيث:

Vr- حجم المياه الى حجم من التربة مقداره (V).

نصف قطر التأثير للبئر
(Radius Of influence) (ro)

وهو المسافة من مركز البئر إلى الحد الخارجي لمخروط الانخفاض- ويكون هذا القطر كبيراً للآبار التي تضخ خزانات جوفية مقيدة أو ارتوازية- أما للآبار التي تضخ خزانات جوفية حرة فيكون هذا القطر أصغر بالمقارنة بالآبار الارتوازية.

ويوضح الشكل رقم (3) كيف توسع وتمدد مخروط الانخفاض خلال فترات زمنية متساوية.

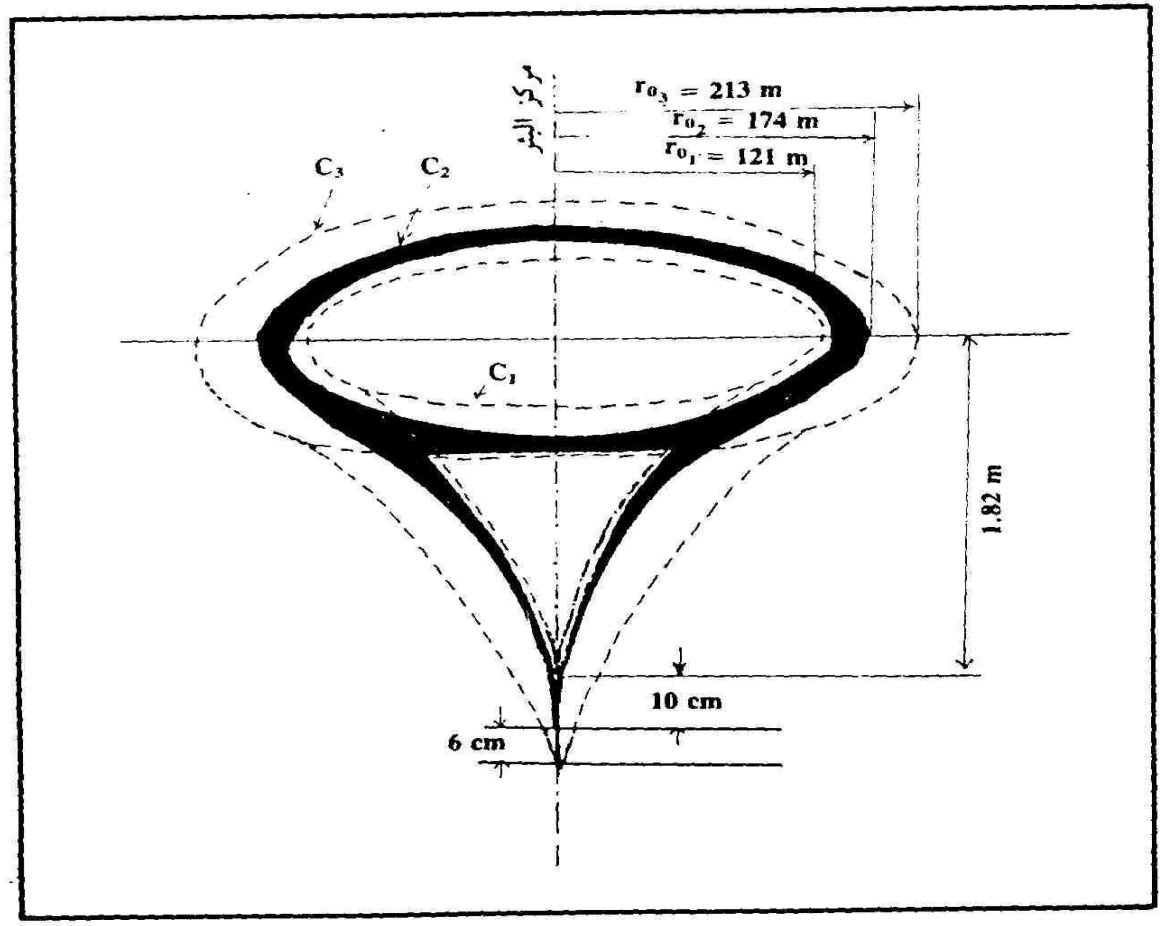
تداخل الآبار
Well Interference

عندما توجد مجموعة من الآبار قريبة من بعضها فإنه يحدث تداخل (interference) بين دوائر تأثير هذه الآبار. في هذه الحالة يكون مقدار الخفض الكلي على أي خط رأسي (Dt) مساوي لمجموع الخفض الناتج عن كل من هذه الآبار كل على حدة (D1 ،D2 ، D3 ....Dn) أي أن:

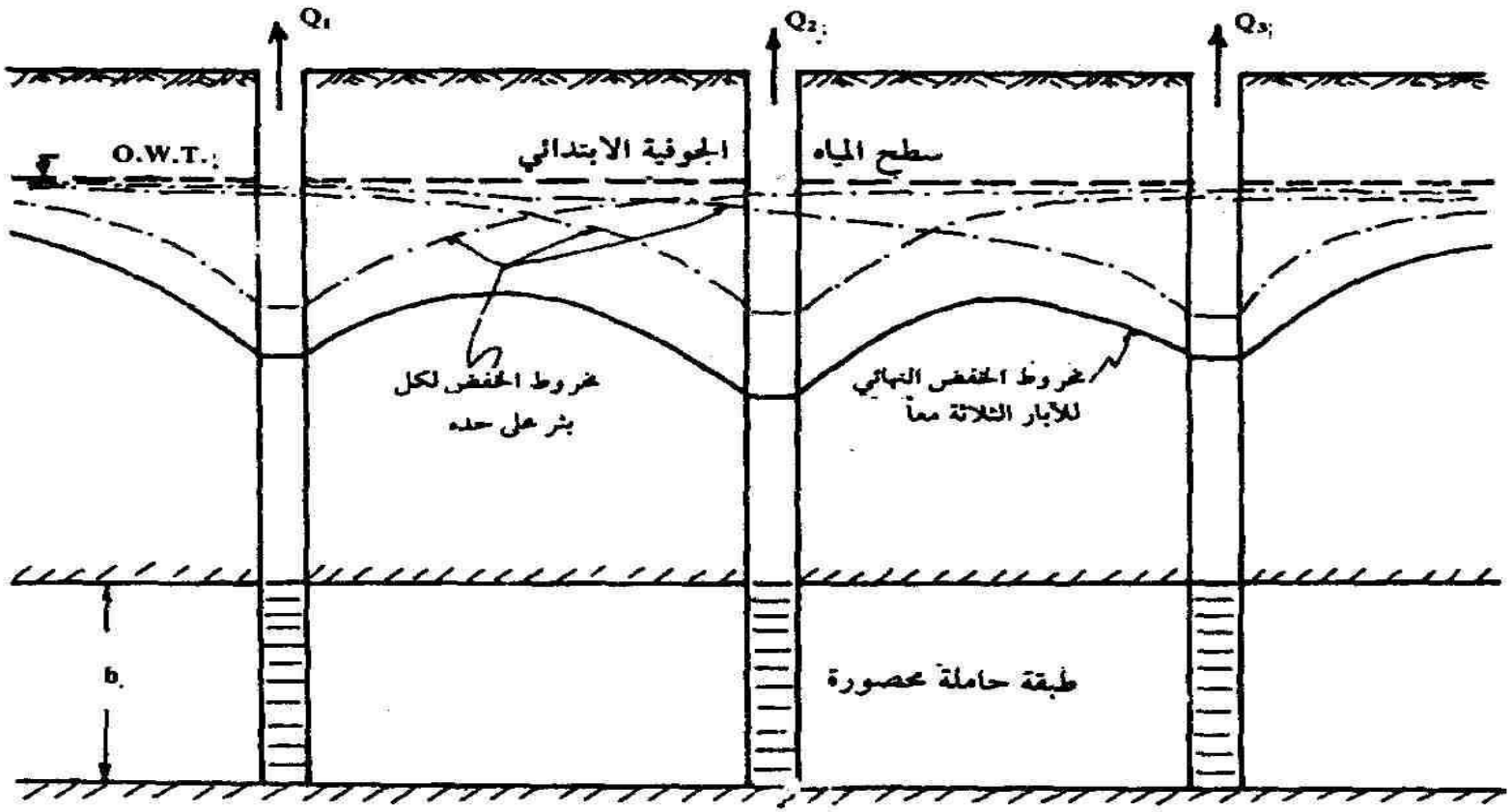
$$D_t = D_1 + D_2 + D_3 .... + D_n$$

شكل (4) يوضح تداخل دوائر التأثير لثلاثة آبار قريبة من بعضها، كذلك مخروط الخفض المتكون بواسطة الآبار الثلاثة معاً و على حدة.

شكل (3) توسع وتمدد مخروط الانخفاض أثناء الضخ



شكل(4) تداخل ثلاثة آبار موجودين على خط واحد



3

الضخ التجريبي (الاختياري)

الضخ الاختباري

- الضخ الاختباري هو عملية ضخ المياه الجوفية من بئر له مصفاة يخترق خزاناً جوفياً معيناً يراد اختباره، في خلال وقت معين وبمعدل ضخ معين، ثم يقاس تأثير هذا الضخ على منسوب المياه الجوفية وهبوطها في البئر الاختباري اوفي آبار ملاحظة أخرى تقع بجوار بئر الضخ الرئيسي، وعلى مسافات محدودة منه

القياسات أثناء تجربة الضخ

- ✓ يتم قياس سطح الماء الساكن فوراً وقبل البدء بالتجربة، كما يتم قياس سطح الماء المتحرك باستمرار أثناء التجربة .
- ✓ يتم عمل القياسات بواسطة شريط كهربائي مدرج ومعدة لهذه الغاية .
- ✓ يجب التأكد من وجود شريط كهربائي مدرج احتياطي أثناء التجربة .
- ✓ تأمين ساعتي توقيت على الموقع من أجل قياس الزمن.
- ✓ ملاحظة: يجب عمل الاحتياطات اللازمة لتصريف مياه الضخ أثناء التجربة بعيداً عن الموقع

تجربة الضخ

يتم عمل تجربة الضخ على مرحلتين:

- ✓المرحلة الأولى :(Step Test) عمل خمسة تجارب لمدة أربع ساعات لكل تجربة بحيث يتم الانتظار بعدها لمدة 24 ساعة حتى عودة سطح المياه إلى ما كان عليه قبل بدء التجربة .
- ✓المرحلة الثانية :(Test Constant) :عمل تجربة مستمرة لمدة خمسة أيام على الأقل أو حسب تقدير المهندس وعلى أن يتم الانتظار بعدها لمدة 24 ساعة حتى عودة سطح الماء إلى ما كان عليه قبل بدء التجربة.

يتم قياس سطح الماء في كلتا المرحلتين وفقا للجدول 1-3

الأهداف الرئيسية لتجربة الضخ هي

إيجاد المعاملات الهيدروليكية لخزانات المياه الجوفية أو الطبقات الحاملة للمياه، ويسمى مثل هذا الاختبار أو العملية اختبار الخزان الجوفي (Aquifer test) أو الضخ الاختباري.

الحصول على معلومات تخص مقدار ونسب الهبوط في مناسيب المياه الجوفية في الآبار ومعدلات التصرف أو العطاء.

جدول (1-3) قياس سطح الماء عند تجربة الضخ

الزمن من بدء التجربة (دقيقة	المدة بين كل قياسين (دقيقة)
صفر- 5	0.5
5-10	1
10-30	2
30-60	5
60-120	10
120-240	15
240-360	30
360- نهاية التجربة حتى ترجع المياه الى حالتها الطبيعية	60

قياس التدفق

- ✓ الالتزام بتركيب مفتاح وعداد مياه على ماسورة التدفق من أجل مراقبة ومتابعة كميات المياه المتدفقة.
- ✓ يتم فحص العداد من قبل المهندس قبل تركيبه وكذلك التأكد من أنه يتناسب مع كميات المياه المتدفقة.
- ✓ يتم وضع تنك ماء مدرج أمام ماسورة التدفق لقياس كميات المياه.
- ✓ ملاحظة: يجب تركيب حنفية على ماسورة التدفق من أجل جمع عينات المياه للفحص المخبري.

قياس استرداد المياه (Recovery)

- ✓بعد الانتهاء من تجربة المرحلة الثانية ويتم مراقبة عودة سطح الماء في البئر لمدة 24 ساعة ويتم قياس سطح الماء بنفس طريقة وزمن قياس سطح الماء أثناء التجربة.

قياس سطح الماء في الآبار المجاورة

- ✓في حالة وجود آبار منتجة أو آبار غير منتجة قريبة من الموقع، يلزم بأخذ القياسات اللازمة من هذه الآبار.

التوقف الفجائى للتجربة:

- ✓في حال التوقف الفجائي للتجربة المضخية يجب على المهندس تقدير الموقف، ويتم الاستمرار بالتجربة من نفس النقطة التي توقفت عندها وذلك بعد انتظار عودة سطح الماء.

الشروط الواجب اتخاذها لإجراء الضخ الاختباري

1- المحافظة على معدل ضخ ثابت أثناء إجراء الضخ الاختباري.

2- القياس الدقيق لمنسوب المياه الجوفية في بئر الضخ وآبار المراقبة.

3- التسجيل الدقيق لأوقات أو زمن أخذ القياسات أثناء إجراء عملية الضخ.

4- القياس الدقيق لمنسوب المياه الجوفية بعد توقف الضخ وأثناء فترة عودة أو رجوع منسوب المياه الجوفية إلى المنسوب الاستاتيكي البدائي أو الأولي.

5 - يجب المحافظة على معدلات ضخ ثابتة للآبار الموجودة بقرب بئر الضخ الرئيسي، الهدف من هذه الإجراءات هو دراسة العلاقة بين الزمن وقيمة هبوط منسوب المياه الجوفية، وكذلك العلاقة بين المسافة من بئر الضخ وقيمة هبوط منسوب المياه الجوفية أثناء إجراء عملية الضخ الاختباري وفترة عودة منسوب المياه الجوفية إلى المنسوب الاستاتيكي.

مستوى الضخ (Pumping – Level)

- وهو المستوى الذي يصل إليه منسوب المياه الجوفية أثناء عملية الضخ، وفي حالة الآبار التي تتدفق ذاتياً يكون هو المستوى أو الارتفاع الذي يصل إليه تدفق البئر وهو مفتوح. وفي بعض الأحيان يسمى مستوى الضخ هذا باسم آخر وهو المستوى الديناميكي للمياه الجوفية .

الانخفاض المتبقي (Residual Draw Down)

- ✓بعد أن يتوقف الضخ من البئر يبدأ الماء الجوفي في الارتفاع والرجوع إلى المستوى الاستاتيكي للماء والذي لوحظ أو سجل قبل بداية عملية الضخ، وفي أثناء عملية الرجوع هذه إلى المستوى الاستاتيكي للماء تكون المسافة المقاسة والمتبقية حتى يصل الماء إلى المنسوب الاستاتيكي المسجل في بداية وقبل إجراء الضخ، تكون هذه المسافة مساوية لما يسمى بالانخفاض المتبقي أو (Residual draw down).

الإنخفاض في منسوب الماء الجوفي (Draw Down)

- ✓يُعرف الانخفاض في منسوب الماء الجوفي بمدى انخفاض مستوى المياه الجوفية أثناء عملية الضخ أو أثناء خروج الماء الجوفي من بئر من الآبار.
- ✓ويمكن حساب قيمة الانخفاض في منسوب الماء الجوفي بطرح المستوى الديناميكي للمياه في المستوى الاستاتيكي للمياه كالآتي:
- ✓قيمة الانخفاض= المستوى الاستاتيكي للمياه - المستوى الديناميكي للمياه أو بمعنى آخر= مستوى الماء قبل الضخ- مستوى المياه بعد الضخ.

معدل ضخ أو تدفق البئر
(Well Discharge– or Yield

- معدل الضخ أو التصرف لبئر ما هو حجم الماء الخارج من البئر في وحدة الزمن، إما بالضخ أو بالتدفق الذاتي، ويعبر عن هذا المعدل غالباً (متر مكعب/ ثانية) أو (بجالون/ دقيقة) أو (قدم مكعب/ ثانية) وذلك لمعدلات الضخ أو التدفق الكبيرة أو (جالون/ ساعة) للمعدلات الصغيرة.

الطاقة أو السعة النوعية للبئر
(Specific – Capacity)

- ✓وتعرف الطاقة أو السعة النوعية لبئر ما بأنها معدل الضخ أو تدفق البئر لكل وحدة انخفاض في منسوب الماء الجوفي ويعبر عنها غالباً بجالون مياه/ دقيقة لكل قدم انخفاض في منسوب الماء الجوفي، ويمكن حساب الطاقة النوعية للبئر بالمعادلة الآتية:
- ✓السعة النوعية للبئر= معدل ضخ أو تدفق البئر في زمن معين/ قيمة الانخفاض في منسوب الماء الجوفي مقاساً في نفس الزمن

- ✓فمثلاً إذا كان معدل الضخ أو التدفق الذاتي مقاساً في وقت معين وهو (10) لتر/ ثانية وكانت قيمة الهبوط في منسوب الماء الجوفي في هذا البئر مقاسة في نفس هذا الوقت هي (6) أمتار، فتكون السعة النوعية لهذا البئر هي (10/6 =1.66) لتراً في الثانية لكل متر هبوط واحد في منسوب الماء الجوفي.

مستوى الماء الاستاتيكي
(Static Water – Level)

- وهو المستوى أو المنسوب الذي تصل إليه المياه الجوفية في بئر حينما لا يكون هناك ضخ أو خروج للماء من الخزان الجوفي بواسطة الضخ أو التدفق الذاتي، ويعبر عنه دائماً بالمسافة من سطح الأرض أو من أي نقطة قياس أخرى قريبة من سطح الأرض إلى منسوب الماء في البئر.

تحليل بيانات تجربة الضخ

بعد أن يتم وينتهي الضخ الاختباري و تجميع البيانات تبدأ عملية التحليل لبيانات تجارب الضخ المتاحة وذلك بإعداد ترتيب هذه البيانات كالآتي:

1- يتم تنسيق بيانات الضخ وإعدادها في شكل منحنيات ورسوم بيانية.

2- إيجاد نوع الخزان الجوفي الواقع تحت الاختبار والدراسة.

3- إيجاد المعاملات الهيدرولوجية للخزانات الجوفية المختبرة.

طرق حساب الضخ التجريبي

- هناك عدة طرق لحساب الضخ التجريبي منها:

طريقة تيس Theis Method

- وتعتمد طريقة تيس على إعداد بعض الجداول الثابت والتمثيل البياني لبعض الوظائف مثل الدالة (W(u)) مع الدالة (U) وذلك في مقياس لوغاريتمي، ولأيجاد قيمة T نستخدم المعادلة الآتية:

$$s = \frac{Q}{4\pi T} W(U)$$

- حيث s هبوط المياه و W (u) و(U) من الشكل اللوغاريتمي بعد التطابق بين القيم المقاسة والشكل النوعي Q كمية الضخ

طريقة جاكوب – كوبر Cooper & Jacob's Method

- تستخدم هذه الطريقة للظروف التي تكون فيها المسافة نصف القطرية صغير وفترة الضخ كبيرة (t) والدالة (u) صغيرة أيضاً. الهبوط يمكن أن يعبر عن المعادلة الآتية:

$$S = \frac{Q}{4\pi T}\left(-0.5772 - \ln\frac{r^2 s}{4Tt}\right)$$

- حيث يمكن حساب T بالمعادلة التالية:

$$T = \frac{2.30Q}{4\pi\Delta s}$$

طريقة شو Chow Method

- طور شو طريقة لحل مسألة الهبوط في الآبار كما في طريقة جاكوب- كوبر، وقام باختيار نقطة التماس في المنحنيات وسجل احداثيات (t,s) وكذلك رسم ظل الزاوية على المنحنى أو في النقطة المختارة في المنحنى لإيجاد الفرق في الهبوط (Δs) في دوره لوغاريتمي بالنسبة للزمن.
- ونحصل على دالة F(u) من المعادلة الآتية:

$$F(u) = \frac{S}{\Delta s}$$

- ثم نوجد القيم المقابلة للدالات F(u), u من منحنى شو (Chow) ثم نحسب قيمة S &T

- **تجربة الاستعاضة (عودة المياه) Recovery Test**
- عندما تنتهي عملية الضخ التجريبي وتتوقف المضخة يبدأ مستوى المياه داخل بئر الضخ وكذلك في آبار المراقبة بالارتفاع وهذا ما يسمى استعاضة مستوى المياه الجوفية (Recovery Of Groundwater Level) حيث يقاس الهبوط تحت المستوى الاستاتيكي (الأصلي) لمنسوب المياه خلال فترة الاستعاضة ويسمى هذا الهبوط المتبقي (residual draw down) وقياس ذلك يمكننا من حساب معامل السريان وذلك خلال تحليل المعطيات الحقلية للاستعاضة.
- و يمكن حساب ذلك في المعادلة كما يلي:

$$S = \frac{2.30Q}{4\pi T} \log \frac{1}{t'}$$

4

تصميم وتطوير الآبار

أبار المياه

يمكن تقسيم الآبار حسب عمقها إلى قسمين:

- آبار ضحلة.
- آبار عميقة

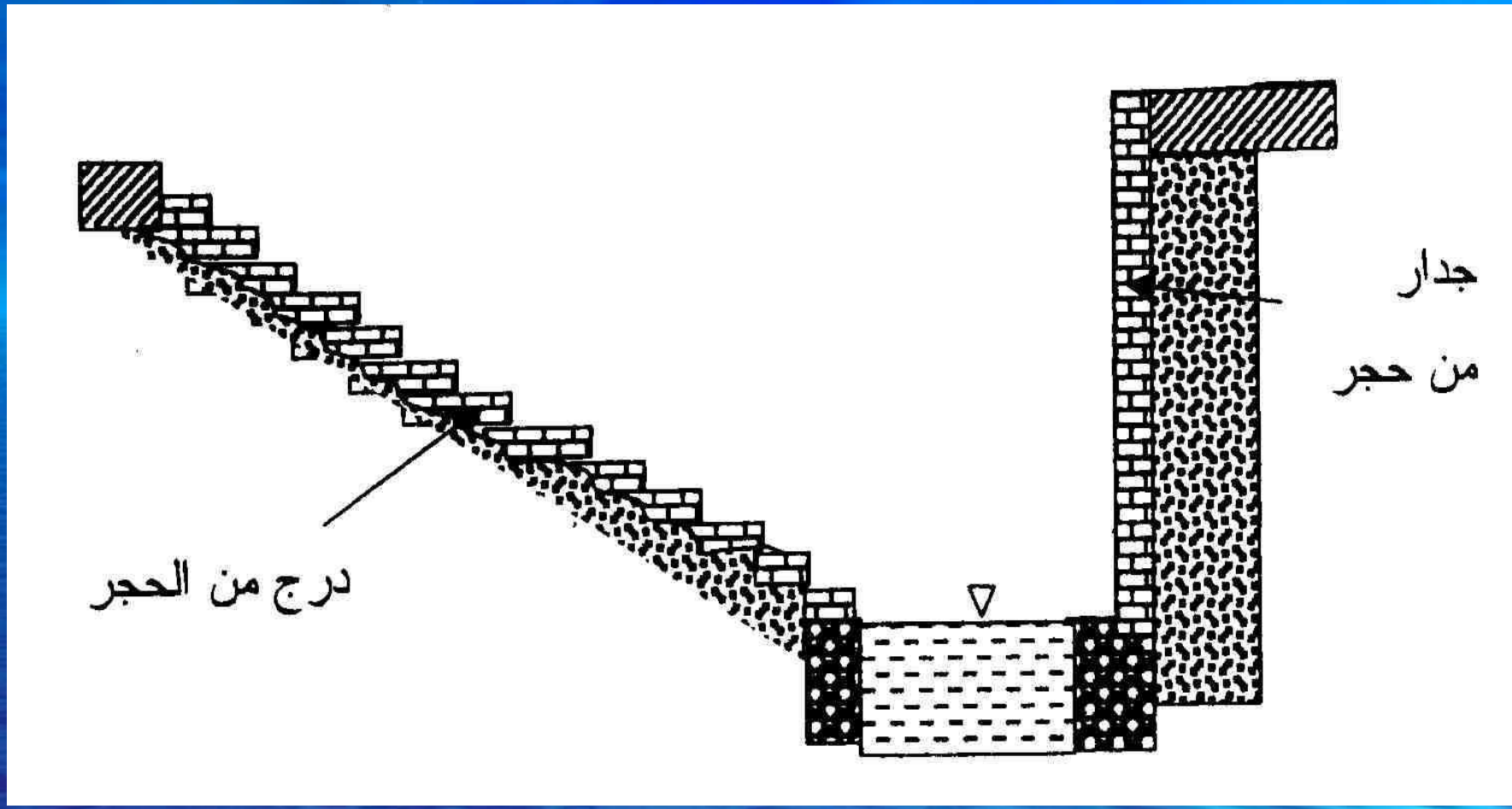
وتصنف آبار المياه حسب الغرض من حفرها إلى:

- آبار استكشافية: وتحفر من أجل التحري عن المياه الجوفية.
- آبار إنتاجية: وتحفر من أجل استغلال المياه الجوفية.
- آبار مراقبة: وتحفر من أجل مراقبة تذبذبات المستوى المائي وتستعمل لغاية إجراء تجارب الضخ.
- آبار التطعيم الاصطناعي: وتحفر بغرض تغذية المياه الجوفية صناعيا.
- آبار التصريف: وتهدف إلى التخلص من مياه البواليع والنفايات الصناعية.

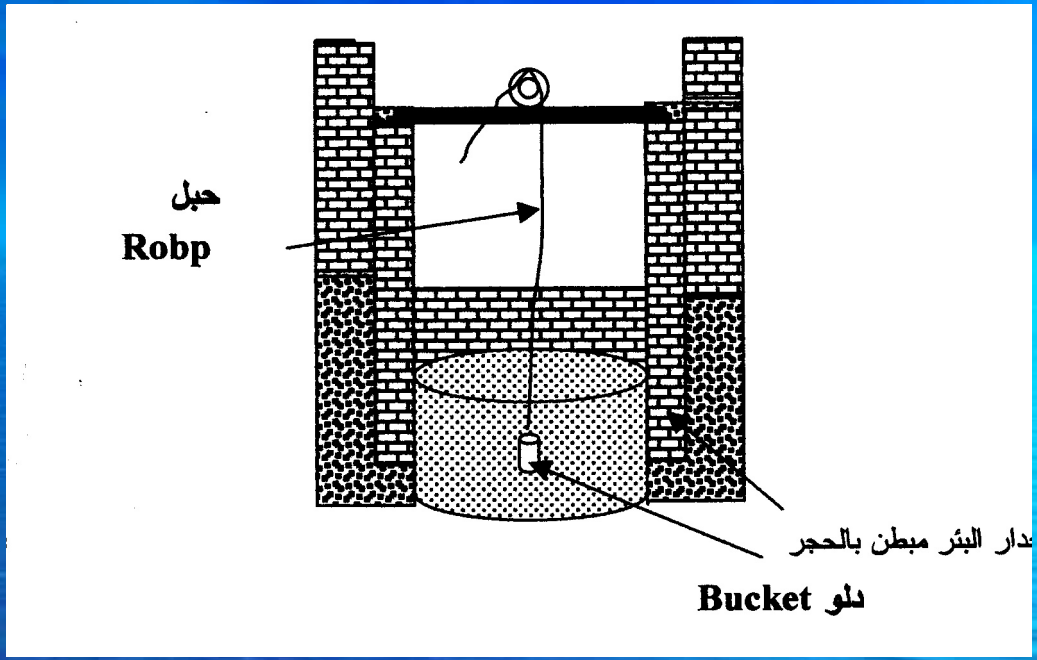
أنواع الآبار

- ✓ الآبار اليدوية Dug well
- ✓ الآبار المثقوبة Bored Well
- ✓ الآبار المدقوقة Driven Wells
- ✓ الآبار الكبيرة والعميقة تنشأ عادة بطريقة (Hydraulic-rotary method)
- ✓ البئر النفقية
- ✓ الآبار الأفقية Horizontal Wells
- ✓ الآبار النجمية وآبار الجمع الشعاعي Star wells or Radial Collector Wells
- ✓ الآبار الأنبوبية أو العمودية Tube or Vertical Wells

شكل (1-4) الطرق التقليدية في حفر الآبار في اليمن



شكل (2-4) البئر اليدوية في اليمن



طرق حفر الآبار (Well Drilling

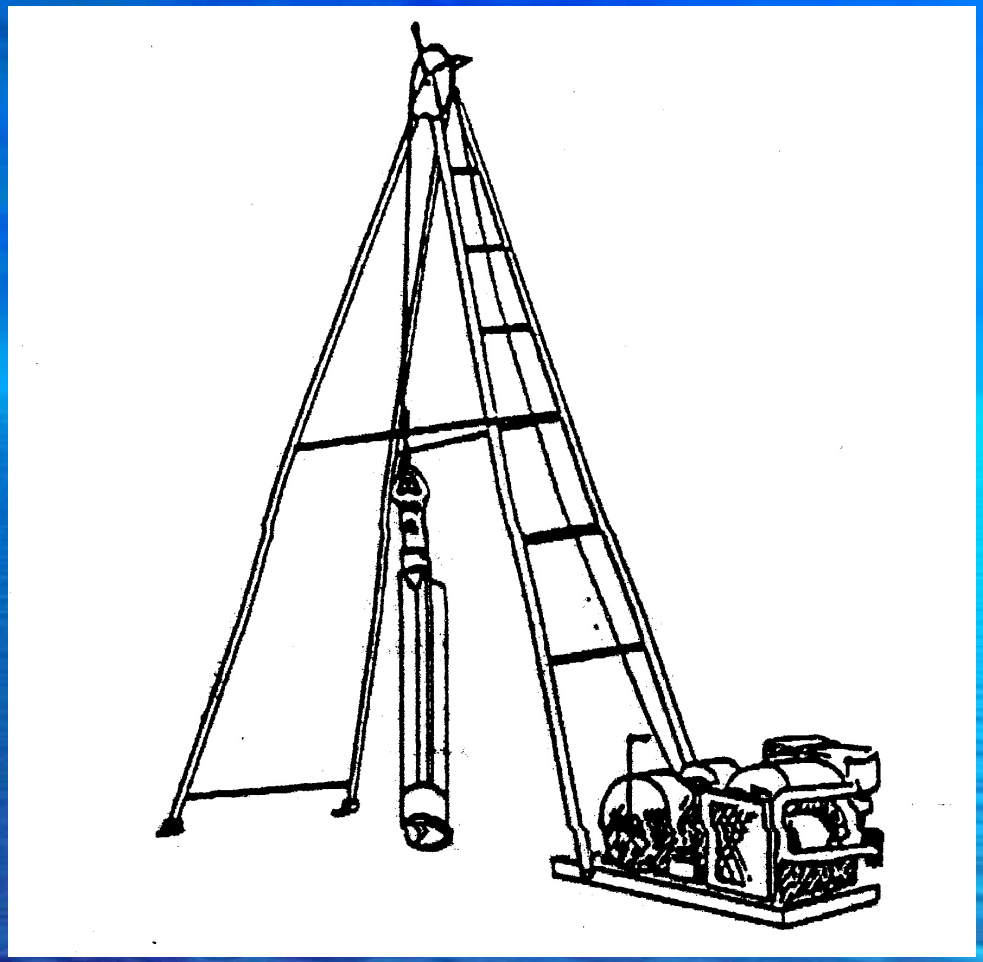
- **حفارات الدق (Cable Tool (Percussion Rig**

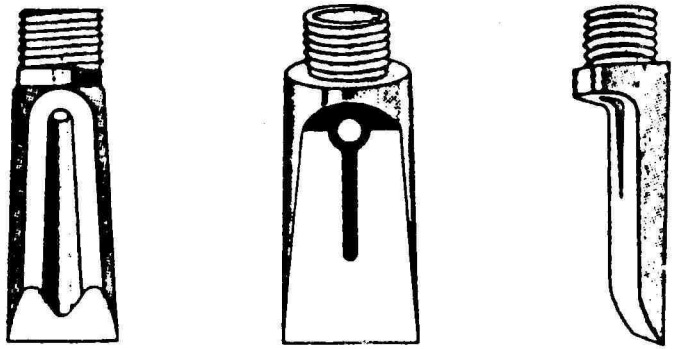
تصل طاقة هذه الحفارات إلى 400م تقريباً. (شكل 4-6) وعدة الحفر كما في الشكل رقم 4-7):

- **حفارات الرحوي (Rotary Drilling)**

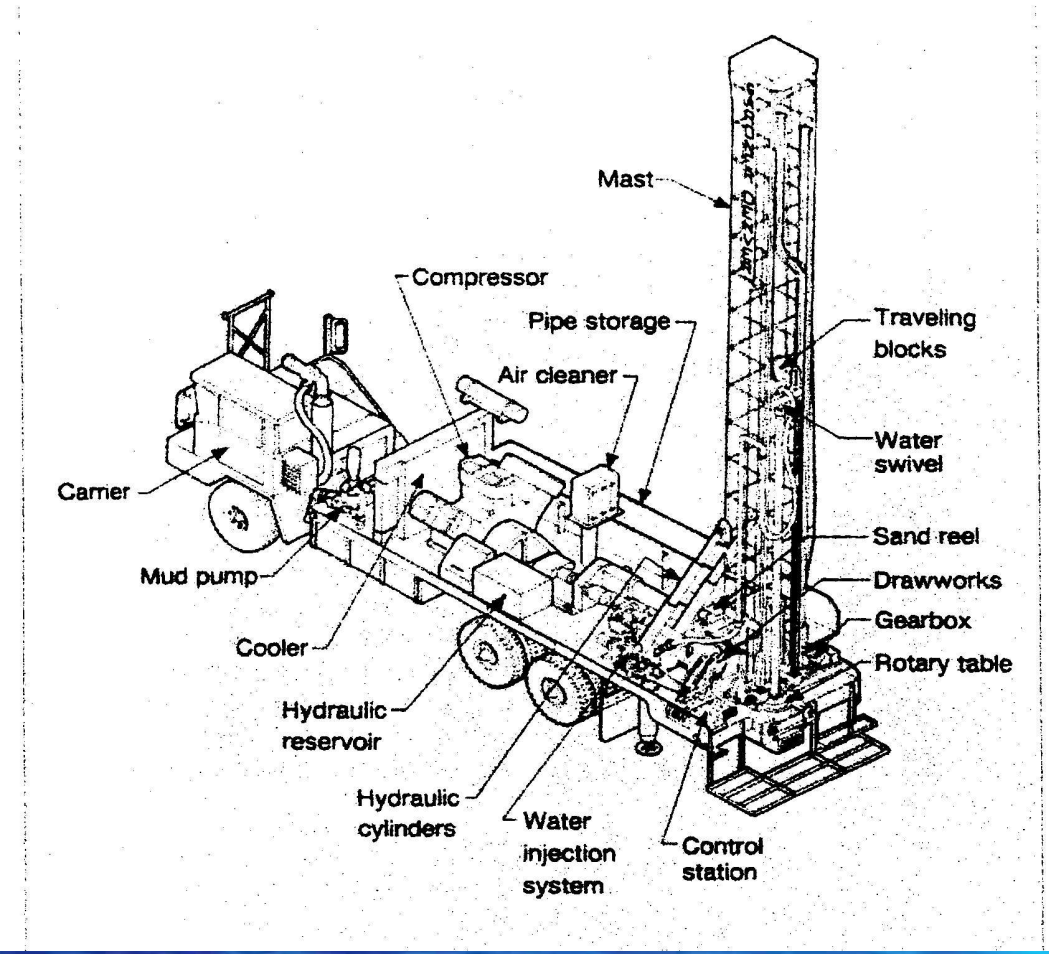
شكل رقم (4-9)

- **و تتكون من عدة أجزاء كما يلي:**
- **أ. برج الحفر (Mast)**
- **ب. مجموعة البكرات الثابتة (Crown Block)**
- **ج. مجموعة البكرات المتحركة (Traveling Block)**
- **د. ماسورة الدوران (Kelly)**
- **و. طاولة الدوران (Rotary Table)**
- **ز. مواسير الحفر (Drill Pipes)**
- **ح. ثقالات الحفر (Drill Collars)**
- **ط. ريشة الحفر (Drilling Bit) (شكل رقم 4-10).**





دقاقات حفر نفثية


Mast
Compressor
Pipe storage
Air cleaner
Traveling blocks
Water swivel
Carrier
Sand reel
Drawworks
Mud pump
Gearbox
Cooler
Rotary table
Hydraulic reservoir
Hydraulic cylinders
Water injection system
Control station

الوظائف التي يقوم بها سائل الحفر

- تبريد وتشحيم ريشة ومواسير الحفر.
- تنظيف البئر من الفتات الصخري بشكل فعال، وهذا يساعد في سرعة الحفر.
- السيطرة على الضغوط المحتمل ظهروها أثناء الحفر.
- نقل الطاقة إلى فتحات ريشة الحفر.
- يمنع دخول غاز كبريتيد الهيدروجين إلى البئر وبهذا يمنع صدأ مواسير وتعرضها للكسر.
- يمنع تخريب (عطب) جدار البئر، وكذلك التكهف،
- يقلل من الراشح داخل الطبقة وذلك من خلال بنائه طبقة رقيقة من سائل الحفر على جدار البئر ذات نفاذية منخفضة.

- <u>المواد المستعملة لحفر البئر</u>
- الشفافية الرملية (Bailer) وهي أنبوبة طولها يتراوح من 6- 8 متر وفي أسفلها رداد يسمح بدخول الفتات ولايسمح بخروجه.
- الهواء والرغوة (Air- Foam) يتم ضخها في البئر بواسطة مضخة وكمبرسور (Compressor) وهذه الرغوة لها خاصية حمل الفتات بحيث تلقى به خارج البئر ولا يتم إعادة استعمالها.
- مادة البنتونايت (Compressor) مواد طينية ويتم خلطها مع الماء لتصبح سائلاً معلقا،

- المواد التي تضاف إلى سائل الحفر
- (CMC) وتستعمل لتقليل فاقد الماء من سائل الحفر إلى الطبقة.
- الصودا الكاوية تستعمل تعمل على عدم ترابط جزيئات الطين حول عدة الحفر.
- ج. تنكس (Tanex) يستعمل لتخفيض اللزوجة عند الحفر
- د. مواد معالجة التهريب (Lost Circulation Materials) يتم خلطها مع سائل الحفر لمنعه من التسرب في الطبقة ذات النفاذية العالية

- المشاكل التي تحدث أثناء الحفر
- ارتفاع الضغط (Over Pressured Formation)
- تقلص قطر الحفر (Tight Hole)
- فقدان سائل الحفر "التهريب" (Lost circulation)
- الميلان (Deviation)
- مشاكل معدات الحفر في البئر

- أسباب الميلان أو الانحراف:
- * عدم استعمال ثقلات حفر مناسبة من ناحية القطر والكم عن حفر البئر.
- * عدم استعمال المثبتات على أصولها (Stabilizers).
- استعمال أوزان غير مناسبة على الريشة لا تتناسب مع طبيعة الطبقات أو سرعة الحفر 0

- طريقة معالجة الميلان:
- * استعمال الثقلات المناسبة.
- * استعمال المثبتات بالشكل الصحيح.
- * وضع الوزن المناسب على ريشة الحفر مما يتناسب وطبيعة الطبقات المحفورة.
- * توسيع البئر بواسطة الموسع (Reamer) قبل التغليف.
- *** قياس الميلان كل خمسين متراً على الأقل بواسطة جهاز**

- القياسات اللازمة أثناء الحفر
- * جميع عينات الفتات الصخري كل مترين على الأقل وحفظها في اكياس مناسبة وترقيمها.
- * قياس ميلان البئر.
- * عمل تحليل للعينات وخاصة عينات الطبقات الحاملة للمياه. ومعرفة حجمها لكي تم إنزال مواسير المصافي المناسبة لها.